

## **General Disclaimer**

### **One or more of the Following Statements may affect this Document**

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.



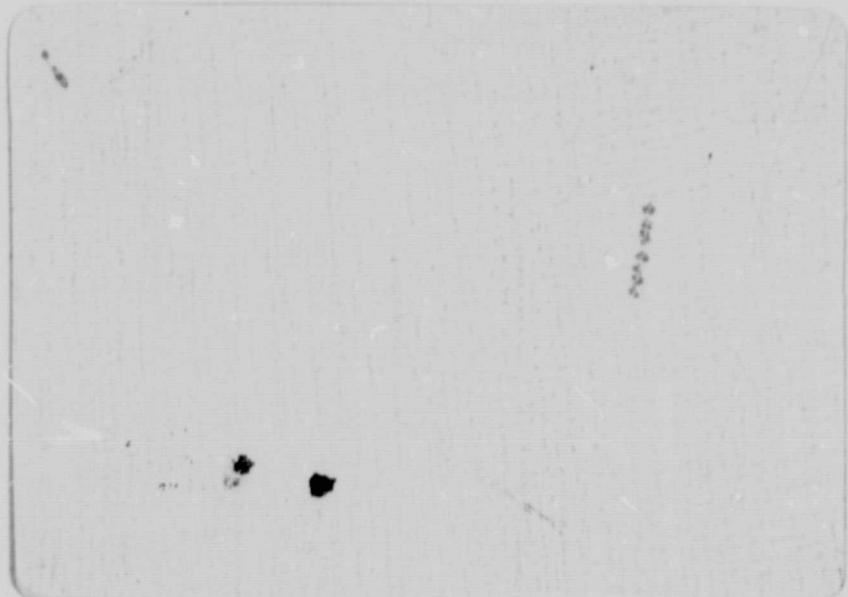
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA  
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

(E84-10164) IDENTIFICATION AND ESTIMATION  
OF THE AREA PLANTED WITH IRRIGATED RICE  
BASED ON THE VISUAL INTERPRETATION OF  
LANDSAT MSS DATA (Instituto de Pesquisas  
Espaciais, São José) 80 p HC A05/MF A01

N84-27256

Unclass

G3/43 00164



RECEIVED BY  
NASA STI FACILITY  
DATE 4/23/84  
DOCID NO. 01169499  
PROCESSED BY  
 NASA STI FACILITY  
 ERA - SOS  AIAA



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº <i>INPE-2991-NTE/212</i>	2. Versão	3. Data <i>Des., 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DDS</i>	Programa <i>DPA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es)  <i>SENSEIAMENTO REMOTO</i> <i>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ÁREA</i> <i>ARROZ IRRIGADO</i> <i>INTERPRETAÇÃO VISUAL</i>			
7. C.D.U.: 528.711.7:633.18(81)			
8. Título	<i>INPE-2991-NTE/212</i>		
<b><i>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ÁREA OCUPADA COM ARROZ IRRIGADO ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL DE DADOS DO NSS DO LANDSAT</i></b>		10. Páginas:	<i>57</i>
		11. Última página:	<i>D.2</i>
		12. Revisada por	<i>(Assinatura)</i> <i>Armando P. Santos</i>
<b>9. Autoria</b> <i>Maurício A. Moreira</i> <i>Getúlio V. Assunção</i> <i>René Antônio Novaes</i> <i>Arturo A. B. Mendoza*</i> <i>Clovis A. Bauer*</i> <i>Ivo Tavares Ritter*</i>		<i>Jaceguay A. I. Barros</i> <i>Jorge Everardo Perez*</i> <i>José L.O. Thedy*</i> <i>Marco A. Poitschen*</i> <i>Terezinha F. Vomero*</i>	
<b>Assinatura responsável</b> 		<i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas			
<p>O objetivo deste trabalho foi testar a viabilidade da aplicação de dados do MSS do LANDSAT para identificar e avaliar áreas com cultura de arroz irrigado em quatro regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul, a fim de estender a metodologia a todo o Estado. A metodologia aplicada foi interpretação visual dos seguintes produtos do LANDSAT: imagens em preto e branco dos canais 5 e 7 e composição infravermelha colorida na escala 1:150.000. Para identificação e avaliação da cultura, utilizou-se o critério multiespectral e a variação temporal. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que: a) os dados do satélite foram eficientes para identificar e avaliar a área desta cultura; b) a utilização do critério multiespectral, aliado à variação temporal da cultura é fundamental para discriminar áreas da cultura do arroz de áreas com outras culturas; c) a grande porcentagem de cobertura de nuvens encontrada nos dados do satélite tornou impossível realizar um monitoramento espectral da cultura do arroz e, portanto, definir as melhores datas de aquisição dos dados para avaliação da cultura do arroz.</p>			
15. Observações * Técnicos do IRGA.			

**ORIGINAL PAGE IS  
OF POOR QUALITY**

**ABSTRACT**

The objective of this work was to test the feasibility of the application of MSS-LANDSAT data to irrigated rice crop identification and area evaluation, within four rice growing regions of the Rio Grande do Sul state, in order to extend the methodology for the whole state. The applied methodology was visual interpretation of the following LANDSAT products: channels 5 and 7 black and white imageries and color infrared composite imageries all at the scale of 1:250.000. For crop identification and evaluation, it was utilized the multispectral criterion and the seasonal variation. Based on the obtained results it was possible to conclude that: a) the satellite data were efficient for crop area identification and evaluation; b) the utilization of the multispectral criterion, allied to the seasonal variation of the rice crop areas from the other crops and, c) the large cloud cover percentage found in the satellite data turned impossible to realize a rice crop spectral monitoring and, therefore, to define the best dates for such data acquisition for rice crop assessment.

Original photography may be purchased  
from EROS Data Center  
Sioux Falls, SD 57198

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 - MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 - A cultura do arroz (<i>Oryza sativa L</i>) .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 - Cultivares .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 - Descrição das cultivares mais utilizadas nos municípios de Santa Vitória do Palmar, Dom Pedrito, Cachoeira do Sul e Itaqui .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.3 - Práticas culturais .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 - Área de estudo .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1 - Santa Vitória do Palmar .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2 - Itaqui .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3 - Dom Pedrito .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.4 - Cachoeira do Sul .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 - Dados do MSS do LANDSAT .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.1 - Epoca ideal para a aquisição dos dados .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 - Documentação cartográfica .....</b>	<b>18</b>
<b>2.5 - Metodologia .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.1 - Delimitação e identificação de áreas preparadas para plantio .....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.2 - Identificação e avaliação das áreas orizícolas .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6 - Avaliação da área .....</b>	<b>31</b>
<b>2.7 - Comparação dos resultados .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE ARROZ IRRIGADO NO MUNICÍPIO DE SANTA VITÓRIA DO PALMAR PARA O ANO SAFRA DE 1982/83</b>	

APÊNDICE B - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE ARROZ IRRIGADO NO MUNICIPIO DE ITAQUI PARA O ANO SAFRA DE 1982/83

APÊNDICE C - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE ARROZ IRRIGADO NO MUNICIPIO DE DOM PEDRITO PARA O ANO SAFRA DE 1982/83

APÊNDICE D - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE ARROZ IRRIGADO NO MUNICIPIO DE CACHOEIRA DO SUL PARA O ANO SAFRA DE 1982/83

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

2.1 - Regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul e município estudados .....	12
2.2 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Santa Vitória do Palmar .....	27
2.3 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Itaqui .....	28
2.4 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Dom Pedrito .....	29
2.5 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Cachoeira do Sul .....	30
3.1 - Áreas de solo preparado (cinza claro) do município de Santa Vitória do Palmar, mostradas na imagem do canal 5 do MSS do LANDSAT .....	36
3.2 . Áreas de solo preparado (cinza escuro) do município de Santa Vitória do Palmar, mostradas na imagem do canal 7 do MSS do LANDSAT .....	36

LISTA DE TABELAS

Pág.

2.1 - Municípios estudados e área municipal .....	11
2.2 - Datas das passagens do LANDSAT e respectivas percentagens de cobertura de nuvens das regiões em estudo .....	17
2.3 - Órbitas, pontos e datas de aquisição dos dados do MSS do LANDSAT utilizados na identificação e avaliação das áreas orizícolas para cada município .....	18
2.4 - Relação das cartas topográficas do DSG utilizadas no levantamento das áreas orizícolas dos municípios testes .....	19
3.1 - Áreas orizícola obtida através de dados estatísticos (anos SAFRAS 1977/78 a 1981/82) e a partir de dados do LANDSAT (ano SAFRA 1982/83) para os municípios estudados .....	33

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

No Brasil as primeiras informações sobre a cultura do arroz datam de 1660, introduzidas pelos portugueses na capitania de São Vicente. De acordo com Brandão (1977), a cultura do arroz é hoje produzida em todas as unidades da Federação.

O arroz representa uma quantidade apreciável no balanço dos alimentos diários consumidos, fornecendo grande parte dos hidratos de carbono necessários. Junto com o feijão e o milho, constitui a base da alimentação brasileira, desempenhando papel de destaque na economia do País.

Pode-se dizer que, com exceção do Rio Grande do Sul e de pequenas áreas em outros Estados do Brasil, o arroz é produzido em sequeiro, isto é, em lugares sem irrigação, aproveitando apenas a água oriunda de precipitações pluviométricas.

No Estado do Rio Grande do Sul, o arroz é cultivado há mais de um século, a princípio como cultura de sequeiro. A partir de 1903, com o início da irrigação, a cultura desenvolveu-se e hoje é cultivada na maioria dos municípios rio-grandenses, tornando-se uma das mais importantes culturas do Estado. Atualmente, mais de 90% das lavouras arrozeiras, nesse Estado, são conduzidas com irrigação por inundação, que consiste na saturação do solo correspondente à zona radicular do arroz e na manutenção de uma lámina d'água sobre a superfície.

Dada a importância econômica desta cultura, tanto para o País quanto para o Estado do Rio Grande do Sul, órgãos como o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) vêm desenvolvendo pesquisas no sentido de obter maiores produções através da seleção de novas cultivares mais produtivas. Além da pesquisa, o IRGA tem dado assistência técnica aos lavoureiros e vem exercendo papel de destaque na comercialização

do arroz, objetivando desta forma manter os estoques reguladores. Desta maneira, tem sido garantido o suprimento deste cereal à população brasileira, a preços mais acessíveis.

Dentro desta filosofia, há um grande interesse dessa Instituição em desenvolver metodologias que possibilitem fornecer rapidamente resultados da área plantada com arroz e das condições da cultura durante o ciclo de desenvolvimento, de modo que, junto com outras variáveis, possa fazer em tempo hábil a previsão de safra para tomar decisões concisas e oportunas quanto à importação e/ou exportação do arroz por parte de órgãos de iniciativa privada e governamental.

O uso de técnicas de Sensoriamento Remoto, com dados do LANDSAT, visando identificar e avaliar áreas agrícolas tem se mostrado bastante eficiente, dado as características de repetitividade e visão sinótica oferecidas pelo satélite. Com a utilização destas técnicas, é possível fazer um acompanhamento da expansão das fronteiras agrícolas, além de oferecer, de maneira rápida, avaliações periódicas sobre a área da cultura.

Vários pesquisadores como Le Toan et alii (1977), Dejace et alii (1977), Berg et alii (1978) e Heller e Johnson (1979) obtiveram bons resultados na identificação e avaliação de áreas irrigadas, principalmente áreas orizícolas, através das técnicas de sensoriamento remoto com dados de satélite e com medidas de laboratório.

O presente relatório faz parte de um projeto desenvolvido por técnicos do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) em cumprimento ao Programa de Atividades do Convênio IRGA-CNPq/INPE. O objetivo principal deste projeto é verificar a viabilidade da utilização de dados do MSS do LANDSAT, através das técnicas de interpretação visual, para identificar e avaliar a área plantada com a cultura do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul.

Para atingir esse objetivo geral estabeleceu-se os só quin<sup>tes</sup> objetivos específicos:

- 1) fazer uma análise espectral da cultura do arroz, desde o preparo do solo até a colheita, utilizando dados do MSS do LANDSAT 4;
- 2) selecionar a(s) melhor(es) data(s) para identificar e avaliar a área dessa cultura;
- 3) verificar a possibilidade de diferenciar espectralmente a cultura do arroz de outras culturas plantadas na região de estudo;
- 4) comparar os resultados obtidos pela utilização dos dados do MSS do LANDSAT com aqueles fornecidos por métodos convencionais.

Em razão deste projeto ser pioneiro nos estudos das têcnicas de Sensoriamento Remoto para identificar e avaliar áreas cultivadas com arroz irrigado no Rio Grande do Sul, ele é considerado experimental e não abrangerá todo o Estado, mas apenas os municípios de Cachoeira do Sul, Dom Pedrito, Itaqui e Santa Vitória do Palmar.

## CAPÍTULO 2

### MATERIAL E MÉTODO

#### 2.1 - A CULTURA DO ARROZ (*Oryza sativa L.*)

O arroz é uma graminea anual, pertencente ao gênero *Oryza*. Sua origem é duvidosa, porém tudo indica que provém da China onde foi cultivada pela primeira vez e, ainda hoje, possuem espécies selvagens.

Conforme Pedroso (1982), a cultura do arroz é de ampla adaptação climática, podendo, conforme a cultivar, ser plantada em regiões com características de clima e solo muito diversificados. A maior concentração da cultura do arroz está no Hemisfério Norte, especialmente na Ásia, onde se produz mais de 90% da produção mundial. Quanto à altitude, consta que o arroz é cultivado até 2.400 metros acima do nível do mar. Entretanto, há certos limites de condições climáticas, principalmente temperatura e luminosidade, para que o arroz possa se desenvolver satisfatoriamente.

As cultivares plantadas no Brasil pertencem a dois grupos: o grupo Índico e o Japônico. As cultivares do grupo Índico são as mais importantes para o Brasil e indicadas para as regiões tropicais,

No Brasil, as cultivares de arroz, de modo geral, completam o ciclo de vida (da germinação até a colheita) em período que varia de 115 a 160 dias. De acordo com a duração do ciclo de vida são classificadas como precoces, médias e tardias.

Com relação ao sistema de plantio elas podem ser "de sequeiro" ou "irrigadas". No Brasil, conforme já mencionado, as primeiras informações do arroz datam de 1660. No Rio Grande do Sul há referêcias de seu cultivo em zonas coloniais desde 1832, porém a primeira lavoura irrigada foi instalada em 1903 no município de Pelotas.

### 2.1.1 - CULTIVARES

São milhares as cultivares de arroz existentes em todo mundo. Sendo o arroz cultivado em todos os continentes, há uma variação muito grande quanto às características das culturas usadas.

No Rio Grande do Sul, as primeiras cultivares utilizadas nas lavouras irrigadas, segundo Pedroso (1982), foram a *Carolina* procedente dos Estados Unidos e a *Piemont* da Itália. Posteriormente, várias cultivares foram introduzidas no Estado como: a *Japônes de Pragana*, *Japonês meia Pragana*, *Farroupilha* e *Cochinho*.

Em 1938 foram introduzidas no Rio Grande do Sul várias cultivares vindas dos Estados Unidos, encontrando-se a *Bluerose* e *Calouro* que tiveram grande expansão no Estado.

Trabalhos de seleção realizados na Estação Experimental do Arroz (EEA) resultaram na obtenção de várias cultivares como: Seleção 388 (1942); Tapes (1943); Guaiba (1947); EEA-401 (1959) e EEA-402 (1959). Posteriormente, foram lançadas as cultivares EEA-304 (1963) e EEA-406 (1966). Em 1965 lançou-se a EEA-405 e em 1971 foi entregue à lavoura a última cultivar do tipo tradicional, a IRGA-407.

Conforme Pedroso (1982), a partir da década de 70, com a utilização intensiva de práticas culturais como aplainamento de solo, adubação racional e utilização de defensivos químicos no controle de plantas daninhas, pragas e moléstias, a lavoura arrozeira habilitou-se a cultivar arrozes mais exigentes em manejo como os americanos. Houve, nesta época, uma rápida difusão de cultivares do tipo Patna de procedência norte-americana. Essas cultivares, apesar de requerer melhor manejo e adição de fertilizantes, adaptam-se melhor à colheita mecanizada e tiveram maior resposta à produção de grãos, de maior valor comercial. Entre essas cultivares a *Bluebelle* teve a preferência dos agricultores, em razão de sua produtividade, precocidade e qualidade dos grãos.

As cultivares do tipo moderno, de porte baixo ou médio, possuem alta capacidade de produção de grãos, porém, necessitam de manejo adequado, principalmente no preparo e fertilização do solo, e baixa altura de água de irrigação para externar seu potencial produtivo. Todas as cultivares desse tipo são procedentes do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) da Colômbia, dentre elas destacam-se o IRGA-408 e linhas segregantes nas condições do Estado, BR/IRGA-409 e BR/IRGA-410.

2.1.2 - DESCRIÇÃO DAS CULTIVARES MAIS UTILIZADAS NOS MUNICÍPIOS DE SANTA VITÓRIA DO PALMAR, DOM PEDRITO, CACHOEIRA DO SUL E ITAQUI

a) Bluebelle

A cultivar Bluebelle é fruto do cruzamento realizado em 1957 no Texas, USA, entre CI-9214 e Century-Patna/CI-9122.

Seu ciclo de vida é precoce, completando a maturação entre 115 a 125 dias, possuindo estatura média e atingindo uma altura que varia de 0,90 a 1,20 metro.

A capacidade produtiva desta cultivar é média, porém em condições de bom manejo pode ser elevada alcançando bons rendimentos. Possui colmos fortes, o que lhe confere boa resistência quanto ao acamamento. Os grãos degranam com facilidade e por isso devem ser colhidos com o teor de umidade entre 18 a 25%.

Apresenta baixo vigor inicial e afilhamento reduzido, o que a torna altamente sensível à competição com plantas daninhas. É suscetível a brusone e rizoctonia.

b) BR/IRGA-409

A cultivar BR/IRGA-409 foi obtida a partir de hibridação controlada, realizada no Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) em 1969, entre as linhagens IR-903-2 e IR-665-31-2-4. A partir

de quarta geração segregante, a seleção passou a ser feita na Estação Experimental do Arroz. Cachoeirinha-RS, sendo recomendada para o cultivo em 1978.

Apresenta ciclo de vida médio e completa a maturação entre 130 a 150 dias após a emergência. As folhas são eretas, pilosas e permanecem verdes após a maturação, podendo, no entanto, apresentar a ponta avermelhada durante o ciclo.

Os grãos maduros apresentam casca amarelo-palha com pequenas aristas. Sua capacidade produtiva é alta, de 7 a 8 t/ha em condições de lavouras bem conduzidas. Dificilmente apresenta problema de acamamento, mas é suscetível ao degrane natural, devendo ser colhida com um teor de umidade entre 18 a 25%.

É resistente às principais doenças fúngicas ocorrentes no Estado que afetam a produção, principalmente a brusone.

c) BR/IRGA-410

A cultivar BR/IRGA-410 é originária de linhagem segregante introduzida no CIAT, à semelhança do que ocorreu com a cultivar BR/IRGA-409. Possui descendência semelhante à cultivar anterior, só que é resultante do cruzamento entre as linhagens IR-930-53 e IR-665-32-24. Seu lançamento só ocorreu em 1980.

O ciclo vegetativo é em torno de cinco dias mais precoce que a anterior (125 a 130 dias) e, também, um pouco maior em altura. As folhas são eretas, pilosas e permanecem verdes alguns dias após a maturação. O grão maduro tem a cor da casca amarelo-palha e é mítico.

Supera em produtividade a BR/IRGA-409, porém o aspecto físico do grão é inferior. Somente em condições de crescimento vegetativo muito exuberante poderá apresentar problemas de acamamento. Apresenta alto vigor inicial e bastante afilhamento. Apesar de ser constatada a presença de doenças fúngicas, mantém resistência à brusone.

### 2.1.3 - PRÁTICAS CULTURAIS

#### a) Solos

Os solos mais comumente utilizados no mundo para o cultivo do arroz são os solos aluviais; além destes, são também cultivados os podzólicos e os lateríticos.

O importante em um solo que se destina à cultura do arroz irrigado é a altura da camada impermeável, duripan, que possibilita a irrigação.

Há necessidade da área ser de fácil drenagem para permitir um bom preparo do solo, o que vai facilitar a germinação, a emergência, o controle de ervas daninhas e a entrada de máquinas para a colheita.

#### b) Fertilização

As recomendações de adubação para o arroz são baseadas nas determinações da análise do solo e das necessidades da planta.

Os solos onde se cultiva arroz no Estado do Rio Grande do Sul, de modo geral, são pobres em fósforo, necessitando de uma maior quantidade deste elemento nas adubações de base. O nitrogênio normalmente é recomendado quando o teor de matéria orgânica, acusado na análise do solo, for inferior a 5%. Ainda quanto ao nitrogênio, há uma série de outros fatores a considerar, por isso existe uma orientação de que antes de recomendar a quantidade e a época de adubação, conheça-se primeiro as condições de cada lavoura.

Para os solos que são explorados mais intensivamente, através de rotação de cultura, recomenda-se uma adubação corretiva.

c) Preparo do Solo

Comumente, a área cultivada com arroz durante um ano fica em pousio dois ou três anos (Pedroso, 1982). Nos meses de janeiro a março faz-se a lavra de verão, a partir de agosto, a área é novamente lavrada ou gradeada.

d) Semeadura

A semeadura do arroz no Rio Grande do Sul está limitada entre os meses de outubro e novembro. Semeaduras mais precoces podem coincidir com a ocorrência de baixas temperaturas e inibir a emergência ou retardar o crescimento inicial das plantas. Em semeaduras após 30 de novembro, o florescimento pode coincidir com baixas temperaturas que provocam grandes percentagens de esterilidade das flores. O que mais se recomenda é a semeadura em linha; porém, a semeadura a lanço é bastante utilizada na lavoura do arroz, podendo ser manual ou mecânica.

e) Irrigação e Drenagem

A lavoura de arroz no Rio Grande do Sul é irrigada por um regime de inundação permanente. A necessidade de água varia de 1 a 2 1/2 litros por segundos, por hectares, dependendo principalmente das condições do solo. Solos mais argilosos têm maior capacidade de contenção de água que os solos arenosos.

Normalmente, a irrigação é iniciada 10 a 15 dias após a emergência do arroz e somente é suspensa pouco antes da maturação, para a colheita. A drenagem de uma lavoura deve ser realizada pouco antes da completa maturação, pois a lavoura torna-se mais uniforme e melhora a qualidade dos grãos.

Após a maturação, quando o arroz se encontra com um teor de umidade entre 18 a 25%, é feita a colheita e, seguida, a secagem; posteriormente, o arroz é beneficiado e comercializado.

## 2.2 - ÁREA DE ESTUDO

O Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) dividiu os municípios orizícolas do Estado em cinco regiões, conforme pode ser visto na Figura 2.1. Como áreas de estudo para a primeira fase do trabalho, foram escolhidos quatro municípios situados em quatro das cinco regiões, conforme a Tabela 2.1. A razão da não-escolha de cinco municípios visando abranger todas regiões orizícolas instituídas pelo IRGA foi a carência de tempo e pessoal.

TABELA 2.1

### MUNICÍPIOS ESTUDADOS E ÁREA MUNICIPAL

MUNICÍPIO	ÁREA DO MUNICÍPIO * (km <sup>2</sup> )
Santa Vitória do Palmar	5.580
Itaqui	5.130
Dom Pedrito	5.250
Cachoeira do Sul	4.626

\* FONTE: Demografia (1970)

O estudo destes municípios nas diferentes regiões do Estado visou observar a ocorrência ou não das possíveis variações na cultura do arroz irrigado e de seus alvos vizinhos, principalmente no que se refere ao tamanho dos campos do arroz e à presença de outras culturas plantadas na mesma época da cultura do arroz.

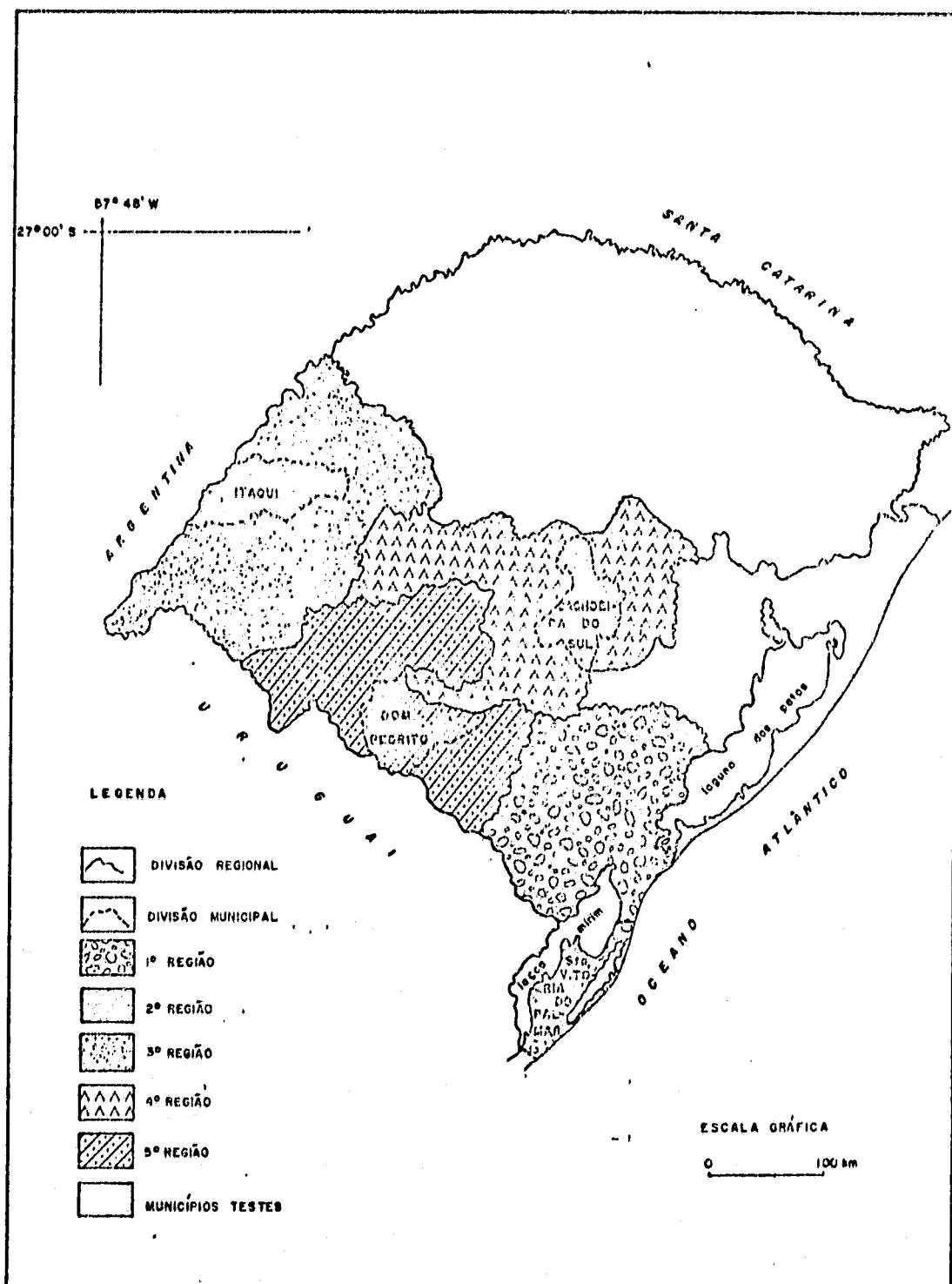


Fig. 2.1 - Regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul e municípios estudados.

### 2.2.1 - SANTA VITÓRIA DO PALMAR

O município de Santa Vitória do Palmar está localizado na região fisiográfica denominada litoral. Esta região caracteriza-se por apresentar uma planície longa e estreita, com altitudes inferiores a 40 metros, formada no Quaternário e ocupando uma área de 36.000 km<sup>2</sup>. É o único domínio, no Estado, em que não há verdadeiras coxilhas, com relevo plano, salientando-se o desenvolvimento das dunas.

O município de Santa Vitória do Palmar localiza-se na parte sul desta região, até a fronteira entre o Brasil e o Uruguai. As terras utilizadas para o cultivo do arroz, neste município, localizam-se entre as Lagoas Mirim e Mangueira, as quais fornecem água para as lavouras durante o período de irrigação.

De acordo com Brasil (1973), os solos que ocorrem no município de Santa Vitória do Palmar pertencem às seguintes unidades de mapeamento: Banhado, Pelotas e Formiga, além da ocorrência das associações Formiga-Banhado, Pelotas-Formiga, Pelotas-Lagoa e Lagoa-Taim-Mangueira.

### 2.2.2 - ITAQUI

O município de Itaqui está localizado na região fisiográfica denominada Planalto das Missões. O Planalto das Missões situa-se a oeste do Estado, entre as cotas de 100 a 400 metros de altitude. O relevo predominante é o ondulado a suavemente ondulado, caracterizado por elevações arredondadas (coxilhas) com pendente em centenas de metros, não apresentando ruptura brusca de declives entre as elevações vizinhas.

As terras utilizadas para o cultivo do arroz, neste município, localizam-se nas bacias dos rios Uruguai, Butuã e Ibicuã, sendo a irrigação destas áreas feita por gravidade e recalque, utilizando as águas destes rios e de açudes.

Os solos que ocorrem no município de Itaqui segundo Brasil (1973) são: Virgínia, Uruguaiana, São Borja, Banhado, Ibicui, Escobar e Pedregal, sendo que as unidades de mapeamento Escobar e Pedregal ocorrem sempre associadas.

#### 2.2.3 - DOM PEDRITO

O município de Dom Pedrito está localizado na região fisiográfica denominada Campanha. Esta região situa-se a sudoeste do Estado, com uma altitude média em torno de 100 metros. O relevo do município é plano a suavemente onulado, sendo que nas várzeas se cultiva predominantemente o arroz, que é irrigado com água de açudes, por gravidade. Nas áreas mais altas (coxilhas), cultiva-se principalmente a soja, o azevém e o milho, e apresenta grande quantidade de pastagem.

As unidades de mapeamento que ocorrem neste município são: Santa Tecla, Bexigoso, São Gabriel, Bajé, Santa Maria, Pirai, Ponche Verde, Tala, Pinheiro Machado, Guassupi e Vacacaí. Ainda podem ser encontradas associações do tipo Ibaré - Afloramento de Rochas e Pedregal - Escobar - Aceguá (Brasil, 1973).

#### 2.2.4 - CACHOEIRA DO SUL

O município de Cachoeira do Sul localiza-se na região fisiográfica denominada Depressão Central. O relevo desta região caracteriza-se por apresentar amplas planícies aluviais e coxilhas sedimentares, onduladas, com declives em dezenas de metros.

As áreas em que se cultiva o arroz, neste município, localizam-se nas margens do rio Jacuí e seus afluentes, principalmente o rio Irapuá e os arroios Santa Bárbara, Capané, Piquiri e Irui. A maioria das lavouras é irrigada com água vinda de açudes, destacando-se no município a barragem do Capané, responsável pela irrigação da maioria das lavouras situadas às margens do arroio Capané.

Neste município, encontram-se solos pertencentes a unidades de mapeamentos: Rio Pardo, Alto das Canas, Caldeirão, Vacacaí, Ramos, Ibaré e Pinheiro Machado. Como associação podem ser encontradas as unidades Ibaré-Afloramento de Rochas.

### 2.3 - DADOS DO MSS DO LANDSAT

Para a identificação e avaliação das áreas orizícolas utilizando técnicas de interpretação visual, foram usadas principalmente imagens fotográficas em preto e branco dos dados do MSS do LANDSAT, nos canais 5 e 7, na escala 1:250.000.

#### 2.3.1 - ÉPOCA IDEAL PARA A AQUISIÇÃO DOS DADOS

A época ideal para a aquisição dos dados do MSS do LANDSAT, para estimar áreas com culturas irrigadas, segundo Heller e Johnson (1979), é a época próxima à maturação da cultura, pois nesta fase a reflectância das plantas no infravermelho próximo é muito alta. Outros autores, como Campanelli et alii (1978) e Dejace et alii (1977) obtiveram bons resultados na identificação das áreas orizícolas quando utilizaram dados do LANDSAT, obtidos em períodos correspondentes ao início da irrigação por inundação das áreas de arroz.

Com a finalidade de determinar, para as condições da região em estudo, a época ideal para a aquisição dos dados do satélite visando identificar e avaliar as áreas orizícolas nos quatro municípios testes, foi feita uma análise dos dados do MSS do LANDSAT disponíveis para as áreas de estudo no período de 09 de outubro de 1982 até 05 de maio de 1983. O objetivo desta análise foi obter dados do MSS do LANDSAT nas épocas de preparo do solo, início da irrigação, floração e maturação da cultura do arroz, abordando desta forma, além do critério espectral, o critério temporal. A ocorrência de nuvens na região estudada durante o ciclo da cultura do arroz, para o ano agrícola 1982/83, foi, entretanto, um dos grandes problemas encontrados. A Tabela 2.2 mostra a percentagem de nuvens, para as órbitas e pontos utilizados, en-

tre 09 de outubro de 1982 e 05 de maio de 1983. Pode-se notar, nesta tabela, que foram poucas as passagens do satélite em que foi possível obter dados livres de cobertura de nuvens. A Tabela 2.3 contém, para cada município, as órbitas, pontos e datas de aquisição dos dados do MSS do LANDSAT utilizados para a identificação e avaliação das áreas com arroz irrigado.

Heller e Johnson (1979) comentam que o contraste especial da cultura do arroz, em regiões áridas e semi-áridas, com os de mais tipos de vegetação é grande, o que torna facilmente separável, na composição infravermelho colorida, dos dados do LANDSAT. Com base neste conhecimento procurou-se neste estudo, utilizar composições infravermelhas coloridas, na escala 1:250.000 nas seguintes datas:

- . Santa Vitória do Palmar - 20 de março de 1983,
- Itaqui - 28 de dezembro de 1982,
- Dom Pedrito - 22 de janeiro de 1983,
- Cachoeira do Sul - 20 de março de 1983.

O processamento fotográfico das composições coloridas utilizou a combinação dos canais 5,5 e 7 do sensor MSS do LANDSAT.

TABELA 2.2

DATAS DAS PASSAGENS DO LANDSAT E RESPECTIVAS PERCENTAGENS DE COBERTURA  
DE NUVENS DAS REGIÕES EM ESTUDO

	ÓRBITA 222		ÓRBITA 223		ÓRBITA 224
	PONTO 81	PONTO 83	PONTO 81	PONTO 82	PONTO 80
09/10/1982					0%
11/10/1982	40%	0%			0%
18/10/1982			0%	0%	
25/10/1982					60%
27/10/1982	30%	80%		100%	
03/11/1982			100%	100%	
10/11/1982					30%
12/11/1982	10%	0%			
19/11/1982			100%	100%	
26/11/1982					100%
23/11/1982	90%	90%			
05/12/1982			90%	40%	
12/12/1982					NAO GRAVADO
14/12/1982	100%	100%			
21/12/1982			100%	100%	
28/12/1982	0%	60%			
30/12/1982			100%	100%	
06/01/1983			100%	100%	
13/01/1983					30%
15/01/1983	100%	100%			
22/01/1983			0%	0%	
29/01/1983					NAO ATIVADO
31/01/1983	100%	100%			
07/02/1983			30%	55%	
14/02/1983					NAO ATIVADO
16/02/1983	100%	85%			
23/02/1983			70%	70%	
02/03/1983					95%
04/03/1983	70%	20%			
11/03/1983			100%	100%	
19/03/1983					70%
20/03/1983	0%	10%			
27/03/1983			NAO ATIVADO	NAO ATIVADO	
03/04/1983					NAO ATIVADO
05/04/1983	.95%	10%			
12/04/1983			10%	20%	
19/04/1983					100%
21/04/1983	100%	10%			
29/04/1983			90%	40%	
05/05/1983					100%

NAO ATIBADO: foi impossível obter informações desta data porque o satélite não foi ligado pela NASA.

NAO-GRAVADO: o satélite foi ativado mas gravou somente a partir do ponto 84.

TABELA 2.3

ÓRBITAS, PONTOS E DATAS DE AQUISIÇÃO DOS DADOS DO MSS DO LANDSAT  
UTILIZADOS NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ÁREAS ORIZICOLAS  
PARA CADA MUNICÍPIO

MUNICÍPIO	ÓRBITA	PONTO	DATA DAS PASSAGENS UTILIZADAS
ITAQUI	224	80	09 de outubro de 1982 28 de dezembro de 1982
SANTA VITÓRIA DO PALMAR	222	83	11 de outubro de 1982 12 de novembro de 1982 20 de março de 1983 05 de abril de 1983
DOM PEDRITO	223	81 e 82	18 de outubro de 1982 22 de janeiro de 1983
CACHOEIRA DO SUL	222	81	12 de novembro de 1982 30 de dezembro de 1982 20 de março de 1983

2.4 - DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

Com o objetivo de auxiliar o traçado dos limites dos municípios nas imagens do MSS do LANDSAT e de localizar as estradas, rios e açudes, necessários para a orientação da verificação de campo, foram utilizadas as cartas topográficas publicadas pelo DSG na escala 1:250.000, conforme a Tabela 2.4. Estas cartas serviram como base cartográfica para os mapas temáticos confeccionados a partir da interpretação visual das imagens LANDSAT.

TABELA 2.4

RELAÇÃO DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO DSG UTILIZADAS NO LEVANTAMENTO  
DAS ÁREAS ORÍZICOLAS DOS MUNICÍPIOS TESTES

MUNICÍPIO	NOME DA FOLHA	IDENTIFICAÇÃO	DATA DA PUBLICAÇÃO
ITAQUI	São Borja	SH-21-X-A	1980
	Alegrete	SH-21-X-C	1980
	Santiago	SH-21-X-D	1980
SANTA VITÓRIA DO PALMAR	Santa Vitória do Palmar	SI-22-V-C	1980
	Jaguarão	SI-22-V-A	1981
	Rio Grande	SI-22-V-B	1981
CACHOEIRA DO SUL	Cachoeira do Sul	SH-22-Y-A	1981
	Santa Maria	SH-22-V-C	1981
DOM PEDRITO	São Gabriel	SH-21-Z-B	1981
	Bagé	SH-21-Z-D	1981

2.5 - METODOLOGIA

Segundo Misra e Wheeler (1978), a variação espectral das culturas, tomada exclusivamente como base para a classificação de temas, não parece ser um meio satisfatório. De acordo com esses autores, a resposta espectral de alvos agrícolas é grandemente afetada dependendo da época em que é tomada. Assim, eles concluem que para a identificação e avaliação de áreas agrícolas é necessário associar as variações especiais às temporais da cultura.

Com base no parágrafo anterior, a identificação e avaliação das áreas orizícolas, através da interpretação visual dos dados do MSS do LANDSAT, foi feita com base nas variações espectrais e temporais da cultura. As variações espectrais permitiram ao fotointerprete agrupar áreas espectralmente homogêneas, de acordo com as diferentes tonalidades (níveis de cinza) observadas nas imagens dos canais 5 e 7 do MSS do LANDSAT, considerando uma única passagem do satélite. As variações temporais permitiram fazer um acompanhamento da cultura, fornecendo, também, alternativas para discriminá-la das outras culturas existentes na região.

O critério temporal também foi utilizado pela Comunidade Européia em 1973, no projeto piloto denominado AGRESTE (EUROPEAN COMMUNITIES, 1974). Neste projeto, utilizando dados do MSS do LANDSAT em 4 diferentes datas, foi possível:

- a) detectar as áreas com arroz inundado,
- b) separar as áreas de arroz irrigado das outras culturas,
- c) separar variedades precoces de variedades tardias.

Devido à utilização do critério temporal, o presente trabalho foi realizado em duas fases distintas de fotointerpretação. A primeira fase consistiu na interpretação dos dados do MSS do LANDSAT correspondentes à época de preparo do solo, com o objetivo de delimitar e identificar áreas preparadas para o plantio. A segunda fase consistiu na interpretação dos dados do MSS do LANDSAT, obtidos nas épocas de crescimento e maturação da cultura do arroz, para a identificação e avaliação das áreas agrícolas. As duas fases do trabalho foram realizadas através da análise visual dos dados do MSS do LANDSAT e da verificação de campo.

### 2.5.1 - DELIMITAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PREPARADAS PARA PLANTIO

As imagens do MSS do LANDSAT utilizadas para delimitar e identificar as áreas preparadas para plantio, para cada município, foram:

Santa Vitória do Palmar - 11.10.82 e 12.11.82,

Itaqui - 09.10.82,

Cachoeira do Sul - 12.11.82,

Dom Pedrito - 18.10.82.

A técnica empregada durante a etapa de interpretação visual consitui, inicialmente, no traçado de todas as cidades, estradas, açudes, represas e rios visualizados nas imagens. Tais informações, por apresentarem variações muito pequenas num espaço de tempo muito curto, serviram como pontos de referênci para:

- a) verificar as variações espectrais e temporais dos alvos de interesse;
- b) facilitar a localização dos alvos durante a verificação de campo. Para este caso as informações foram complementadas com dados retirados das cartas do DSG, na escala 1:250.000.

Em seguida, realizou-se um fotorreconhecimento dos diferentes alvos de ocupação do solo, com base nas características tonais apresentadas nas imagens dos canais 5 e 7 do MSS do LANDSAT. Além do critério espectral, utilizaram também informações auxiliares como arranjo espacial, tamanho e localização dos talhões, e conhecimento dos técnicos que atuam em cada região.

Após o fotorreconhecimento, foi feita a delimitação de todas as áreas que apareciam em tons claros no canal 5 e/ou tons escuros no canal 7, características estas apresentadas, geralmente, pelas

áreas de solo preparado da região. Em alguns casos, foram observadas pequenas variações nestas tonalidades, sendo necessária a criação de várias classes. Todas as feições com características espectrais semelhantes foram agrupadas em uma classe.

Concluída a delimitação das áreas com mesma tonalidade de cinza, confeccionou-se um mapa preliminar com a distribuição espacial destas áreas. Com base neste mapa efetuou-se a missão de campo, cujos objetivos foram:

- a) identificar os diferentes padrões de tonalidade apresentados nas áreas delimitadas;
- b) registrar, sobre o mapa preliminar, os locais com solo preparado que não foram interpretados nas imagens, ou que foram preparados após a data de obtenção dos dados do LANDSAT;
- c) marcar sobre as áreas delimitadas algumas áreas de controle destinadas ao plantio do arroz ou de outras culturas, para fazer um acompanhamento ao nível espectral destas culturas, durante o período de cultivo;
- d) verificar aqueles talhões cuja interpretação se mostrou duvidosa.

Sanadas as dúvidas e corrigidos os erros de interpretação, para os municípios de Itaqui, Cachoeira do Sul e Santa Vitória do Palmar, foram gerados mapas com a distribuição espacial das áreas preparadas para plantio. Não foi possível gerar o mapa preliminar para o município de Dom Pedrito, visto que, devido a problemas de cobertura de nuvens, só foi possível obter dados do MSS do LANDSAT em uma única data (18/10/82).

Nessa data, as áreas preparadas para plantio e as áreas vizinhas apresentaram-se com alto teor de umidade ou completamente inun-

dadas, impossibilitando assim a separação espectral entre esses dois alvos, por apresentarem tonalidades semelhantes nas imagens dos canais 5 e 7.

#### 2.5.2 - IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ÁREAS ORIZÍCOLAS

Nesta segunda fase, foram utilizados os critérios espectral e temporal para separar áreas orizícolas de áreas ocupadas com outras culturas. Esta separação foi baseada nas diferenças de respostas espectrais observadas nas áreas visitadas durante o primeiro trabalho de campo, que foram perfeitamente identificadas de acordo com a cultura a elas destinada. Além dessa separação, procurou-se localizar as áreas de arroz que não foram visualizadas nas imagens do MSS do LANDSAT, obtidas na época de preparo do solo, e aquelas que foram preparadas e plantadas após a data de aquisição das imagens utilizadas na primeira fase.

Sobre as imagens do MSS do LANDSAT, adquiridas nesta segunda fase, foi sobreposto o mapa temático que continha as áreas de solo preparado. Com base nos padrões de tonalidade observados nas áreas de controle, separaram-se as áreas orizícolas de outras áreas cultivadas.

Embora um dos objetivos deste trabalho tenha sido acompanhar o comportamento espectral da cultura do arroz irrigado durante o período de cultivo, ou seja, do preparo do solo até a época de maturação, a fim de selecionar as melhores épocas para fazer o levantamento desta cultura, a disponibilidade de dados do MSS do LANDSAT, livres de cobertura de nuvens, limitou em parte o atingimento deste objetivo. Este problema foi abordado por Malingreau (1978), que, ao estudar o potencial da tecnologia de sensoriamento remoto para a cultura do arroz irrigado, nas condições da Ilha de Java, comentou que um dos problemas técnicos que afeta a viabilidade do uso das imagens de satélite é a cobertura de nuvens. Este problema restringe, muitas vezes, a utilização dos dados de satélite quando se pensa no uso do critério temporal.

As Figuras 2.2 a 2.5 mostram o calendário agrícola, as épocas de aquisição dos dados do MSS do LANDSAT e as épocas de trabalho de campo para cada município estudado.

Dada a dificuldade de obter dados do MSS do LANDSAT, correspondentes ao mesmo estágio de desenvolvimento da cultura do arroz, para os quatro municípios estudados, a metodologia utilizada nesta fase variou de município para município, conforme a descrição que se segue.

a) Município de Santa Vitória do Palmar

Para este município, utilizaram-se os dados do MSS do LANDSAT obtidos nas datas de 20 de março e 05 de abril de 1983, que correspondem ao período de maturação da cultura do arroz.

Sobre as imagens utilizadas foi sobreposto o mapa temático com as áreas de solo preparado. Com base nas características especiais observadas nas áreas de controle, fez-se a identificação preliminar das áreas orizícolas do município, inclusive as de solos argilosos e de coloração escura, onde as áreas de solo preparado não puderam ser anteriormente identificadas.

As áreas que apresentaram dúvidas na fotointerpretação, ou seja, os talhões cuja resposta espectral apresentou um comportamento diferente daquela observada nas áreas de controle, foram rotulados como áreas problemas.

Após a identificação efetuou-se novo trabalho de campo, cujos objetivos foram verificar o desempenho da fotointerpretação e as áreas que apresentaram um comportamento espectral diferente daquele observado nas áreas de controle.

Com as informações do trabalho de campo, fez-se uma nova interpretação dos dados do MSS do LANDSAT, corrigindo os erros de identificação.

tificação das áreas orizícolas. Posteriormente, confeccionou-se o mapa final com a distribuição espacial da cultura do arroz.

b) Município de Itaqui

Em razão da dificuldade de obtenção de dados do MSS do LANDSAT, livres de cobertura de nuvens, para o município de Itaqui só foi possível utilizar imagens da época de preparo do solo (09/10/82) e do período em que a maior parte das lavouras estava no início do crescimento vegetativo (28/12/83), condição esta espectralmente semelhante às áreas de solo preparado.

A técnica utilizada na identificação das áreas orizícolas consistiu, basicamente, na verificação de campo de forma intensiva nos locais correspondentes às áreas delimitadas na primeira fase do trabalho. O percurso de campo foi feito com o auxílio dos técnicos que atuam neste município.

c) Município de Dom Pedrito

Conforme mencionado anteriormente, para este município não foi possível obter um mapa temático com as áreas de solo preparado. Os dados do MSS do LANDSAT utilizados foram obtidos em 22 de janeiro de 1983, correspondendo à fase de crescimento vegetativo da cultura.

A metodologia empregada para identificar áreas orizícolas foi baseada em dois critérios:

- mapear como áreas orizícolas todas as áreas localizadas a jusante de açudes ou próximo destes, que apresentassem uma resposta espectral semelhante às áreas irrigadas por inundação, ou seja, tonalidades de cinza escuro mosqueado com cinza claro, quando observadas no canal 7 do MSS do LANDSAT;

- com base nestas informações, delimitar outras áreas, com o mesmo padrão de resposta espectral, que não estivessem localizadas próximas a açudes, pois poderiam ser áreas orizícolas irrigadas com água de rios.

Após a delimitação destas áreas com base nestes critérios, efetuou-se um trabalho de campo de forma intensiva para verificar o desempenho da identificação e corrigir erros ocorridos na interpretação. Com os resultados obtidos no campo, aliados às informações de técnicos da região, fizeram-se a identificação e o mapeamento das áreas orizícolas.

d) Município de Cachoeira do Sul

A metodologia empregada para este município consistiu, também, em sobrepor o mapa temático às imagens do MSS do LANDSAT adquiridas no dia 20 de março de 1983. Nesta data, as culturas existentes na região estavam na fase de maturação. Com base na diferença espectral observada nas áreas de controle, fizeram-se a identificação e a separação preliminar das áreas orizícolas de outras áreas agrícolas.

Posteriormente, efetuou-se o trabalho de campo intensivo, com a finalidade de esclarecer as dúvidas e corrigir erros de fotointerpretation. Após o trabalho de campo, fez-se uma reinterpretação dos dados do MSS do LANDSAT, cujo resultado final foi expresso em um mapa com a distribuição espacial das áreas orizícolas.

PERÍODO FASE DO CULTIVO	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.
PREPARO DO SOLO											
PLANTIO											
EMERGÊNCIA											
FASE VEGETATIVA											
FASE REPRODUTIVA											
MATURAÇÃO											
COLHEITA											

MISS(10/62)    MSS(27/62)    MSS(20/3/63)  
1º TRABA-    2º TRABA-    3º  
LHO DE CAMPO    LHO DE CAMPO    LHO DE CAMPO  
6-17 DEZ.    6-17 DEZ.    6-22 ABR.

Fig. 2.2 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Santa Vitória do Palmar.

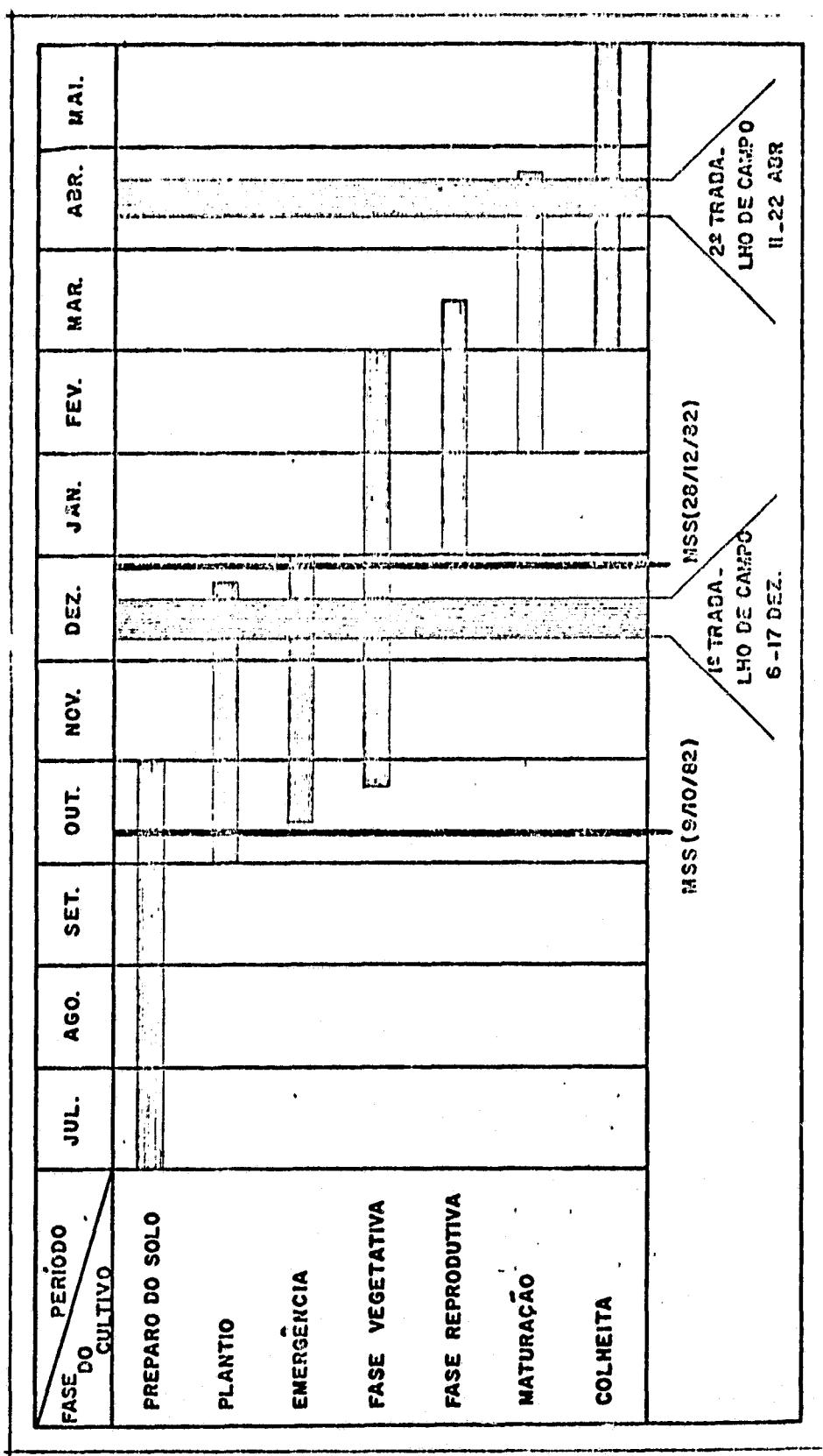


Fig. 2.3 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Itaqui.

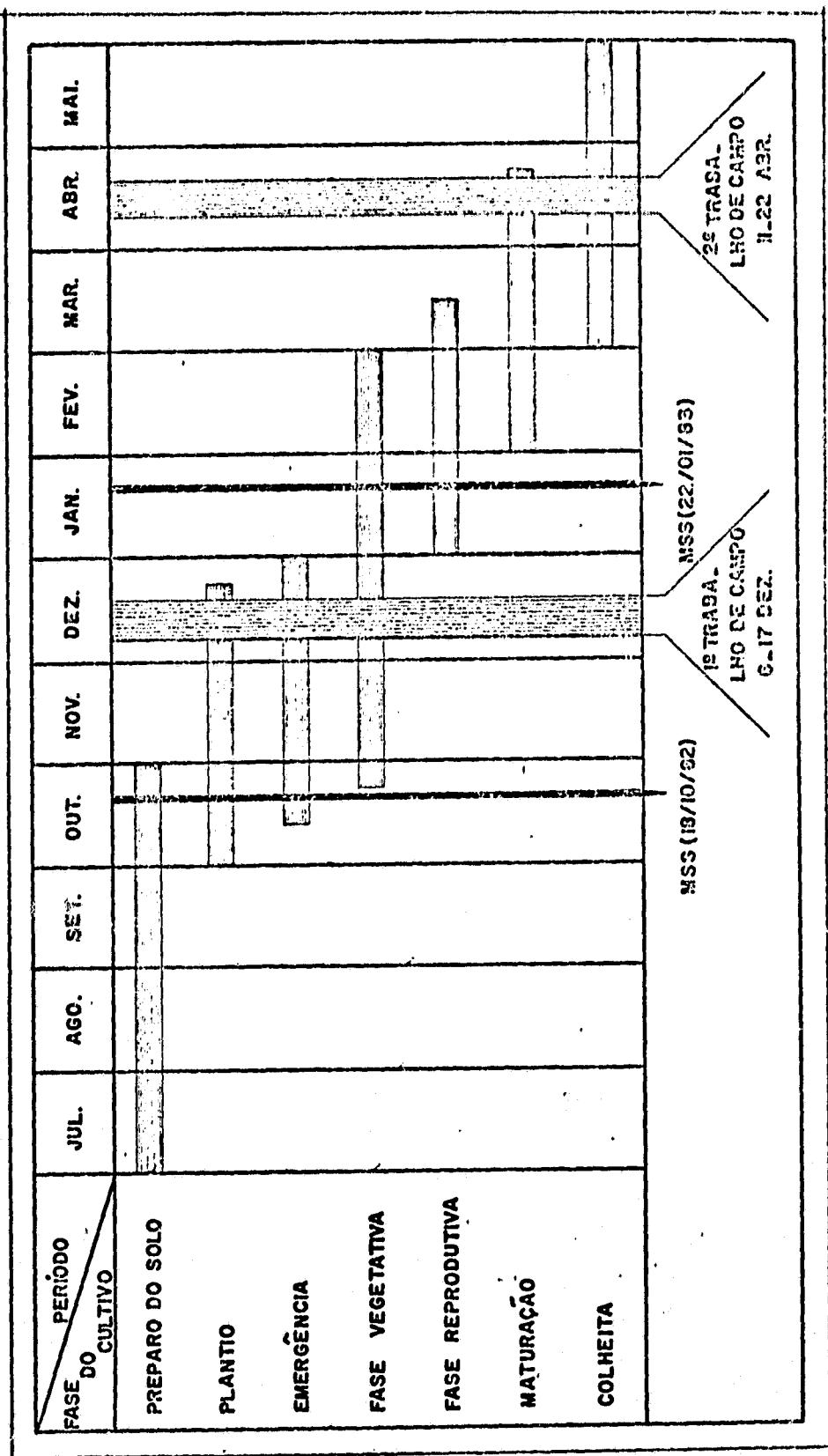


Fig. 2.4 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Dom Pedrito.

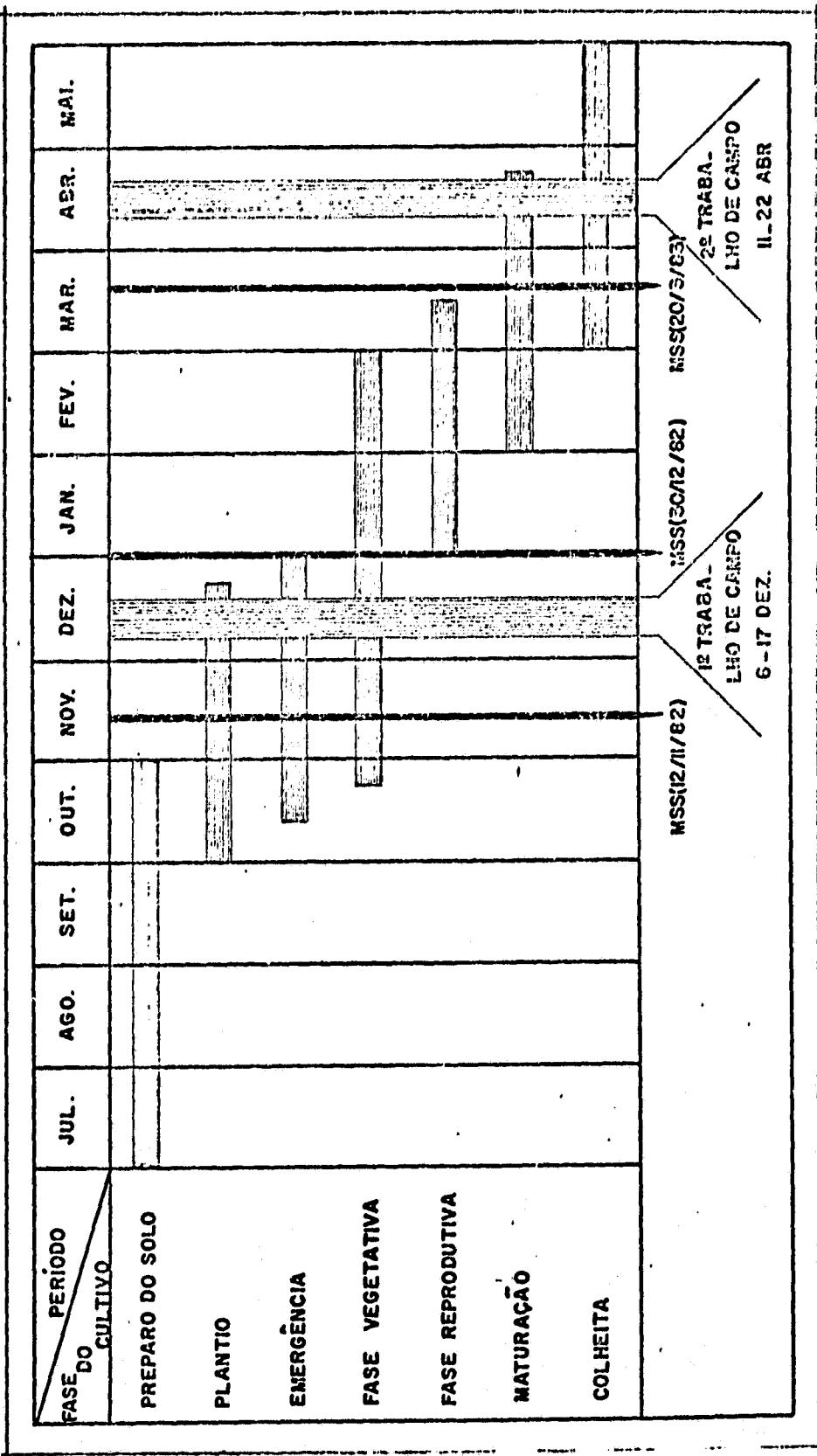


Fig. 2.5 - Calendário agrícola da cultura do arroz irrigado, épocas de aquisição dos dados do LANDSAT e épocas dos trabalhos de campo para o município de Cachoeira do Sul.

## 2.6 - AVALIAÇÃO DA ÁREA

Para a avaliação da área ocupada com arroz irrigado, utilizou-se o método de contagem de área através de uma malha milimétrica, onde cada  $\text{mm}^2$  corresponde a 6,25 hectares.

## 2.7 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Devido à não-existência de cobertura aerofotográfica dos municípios e à falta de informação de dados estatísticos da área orizícola dos municípios testes, para o ano agrícola 1982/83, os resultados obtidos através da interpretação visual dos dados do MSS do LANDSAT foram qualitativamente comparados com as informações obtidas no Instituto Rio Grandense do Arroz, para os anos agrícolas 1977/78 até 1981/82.

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3.1 apresentam-se, para cada município, os dados da área ocupada com a cultura do arroz nos anos agrícolas de 1977/78 até 1981/82, fornecidos pelo Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), e da área orizícola do ano agrícola 1982/83, obtida a partir dos dados do MSS do LANDSAT.

TABELA 3.1

ÁREA ORIZÍCOLA OBTIDA ATRAVÉS DE DADOS ESTATÍSTICOS (ANOS SAFRAS  
1977/78 A 1981/82) E A PARTIR DE DADOS DO LANDSAT (ANO SAFRA  
1982/83) PARA OS MUNICÍPIOS ESTUDADOS

MUNICÍPIO	ÁREA OCUPADA COM A CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (ha)					
	1977/78*	1978/79*	1979/80*	1980/81*	1981/82*	1982/83*
Santa Vitória do Palmar	50.042	51.646	52.778	52.851	52.848	67.065
Itaqui	29.457	34.373	36.091	34.520	39.183	36.537
Dom Pedrito	24.302	23.400	21.923	23.205	22.231	26.100
Cachoeira do Sul	20.324	20.607	18.311	22.600	***	20.987

\* Dados fornecidos pelo Instituto Rio Grandense do Arroz.

\*\* Dados obtidos através da interpretação visual de imagens do MSS/LANDSAT.

\*\*\* Dados não-disponíveis.

Para testar a viabilidade do uso de dados do LANDSAT para o mapeamento de áreas orizícolas, seria necessária uma comparação quantitativa entre os resultados obtidos através da interpretação visual de imagens e os dados estatísticos para o ano agrícola 1982/83. Tendo em vista que o IRGA ainda não fez a análise estatística dos da

dos da área orizícola para este ano agrícola, não foi possível fazer tal comparação. Desta forma, foi feita uma análise qualitativa comparando os resultados obtidos através da interpretação visual dos dados do MSS do LANDSAT com os dados estatísticos dos cinco anos agrícolas anteriores, fornecidos pelo IRGA.

Conforme pode ser observado na Tabela 3.1, no município de Santa Vitória do Palmar, a área plantada com arroz durante os cinco anos agrícolas analisados foi quase constante, com uma variação em área de cerca de 4% entre os anos agrícolas 1977/78 e 1981/82.

O município de Itaqui vem aumentando sua área plantada com arroz desde o ano agrícola 1977/78, com exceção do ano agrícola 80/81, até o último ano safra considerado, com um aumento de cerca de 25%.

O município de Cachoeira do Sul também aumentou sua área plantada com arroz, com exceção do ano agrícola 79/80, apesar dos dados relativos ao ano agrícola 81/82 ainda não estarem disponíveis.

O município de Dom Pedrito, ao contrário, vem diminuindo gradativamente a sua área plantada com arroz para o período em análise, com exceção do ano agrícola 80/81, onde houve um ligeiro acréscimo.

Ao analisar qualitativamente os resultados contidos na Tabela 3.1, observa-se que, para os municípios de Santa Vitória do Palmar e Dom Pedrito, as áreas orizícolas obtidas com os dados do MSS do LANDSAT aumentaram significativamente em relação à média dos anos anteriores, podendo este fato ser atribuído a dois fatores:

- a) *Aumento da área cultivada com arroz no ano agrícola 1982/83 - isto só poderá ser constatado quando houver disponibilidade dos dados deste ano agrícola, obtidos por meios convencionais, de responsabilidade do IRGA.*

b) *Não-emprego de um fator de perda* - durante o cálculo da área útil, isto é, a área que foi realmente plantada com a cultura do arroz, os técnicos do IRGA utilizam um fator de perda. Este fator subtrai da área total preparada para plantio uma percentagem atribuída a canais de irrigação, taipas, etc. A área obtida com dados do MSS do LANDSAT é a área total preparada, sem considerar qualquer fator de perda.

O resultado alcançado para o município de Itaqui foi obtido em condições não-ideais, em razão da falta de dados do MSS do LANDSAT para as fases vegetativa e de maturação da cultura do arroz. Tal resultado foi subestimado em relação à área plantada no ano agrícola 1981/82, embora esteja em consonância com os dados dos anos anteriores.

Com relação ao município de Cachoeira do Sul, pode-se dizer que o resultado se mostrou coerente com os dados dos anos anteriores, obtidos por técnicos do IRGA. Não foi possível fazer uma comparação entre os dados obtidos e os do ano agrícola 1981/82 porque, para este município, estes ainda não estavam disponíveis. Isto demonstra a necessidade da utilização de técnicas de sensoriamento remoto para fornecer informações mais rápidas do que os métodos convencionais, no mapeamento de áreas agrícolas.

Dos quatro municípios que compunham a área de estudo, em três deles (Santa Vitória do Palmar, Itaqui e Cachoeira do Sul) foi possível identificar e delimitar as áreas preparadas para plantio através dos dados do LANDSAT. Nestes municípios as áreas preparadas para plantio, em geral, apresentaram, nas imagens do MSS do LANDSAT, tons de cinza claro no canal 5 e cinza escuro no canal 7. As Figuras 3.1 e 3.2 mostram as áreas de solo preparado, vistas nas imagens do LANDSAT, para o município de Santa Vitória do Palmar.

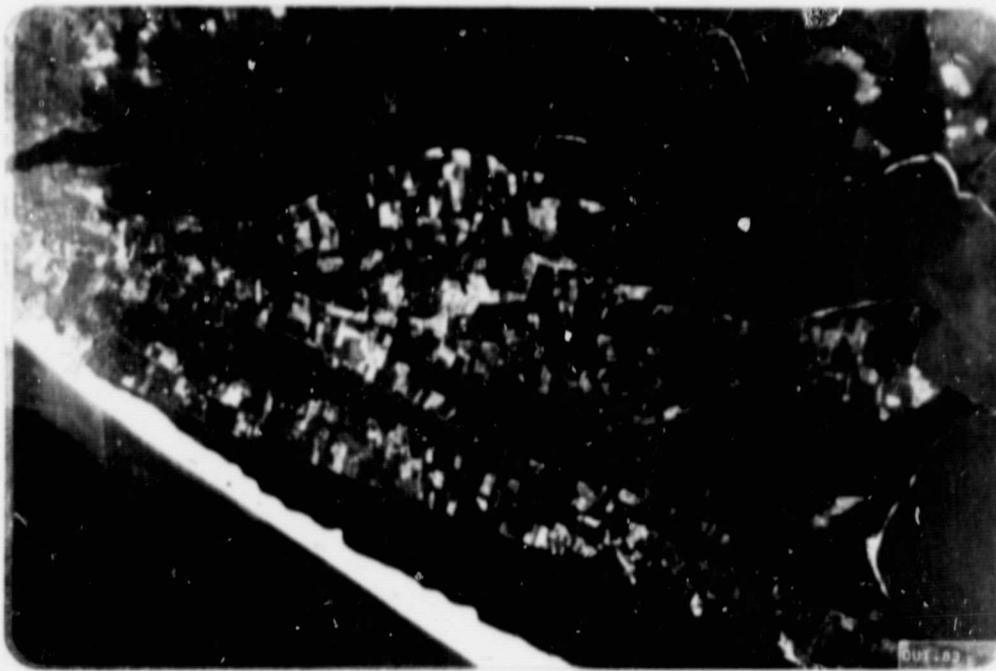


Fig. 3.1 - Áreas de solo preparado (cinza claro) do município de Santa Vitória do Palmar, mostradas na imagem do canal 5 do MSS do LANDSAT.

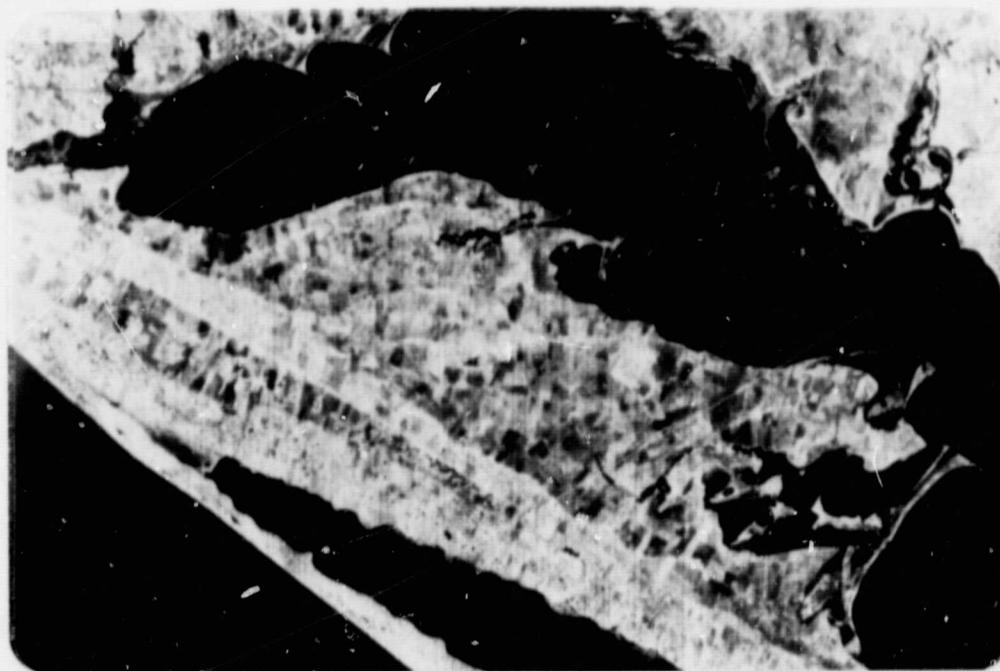


Fig. 3.2 - Áreas de solo preparado (cinza escuro) do município de Santa Vitória do Palmar, mostradas na imagem do canal 7 do MSS do LANDSAT.

Nas regiões de solos argilosos e de coloração escura, as áreas de solo preparado para plantio não puderam ser identificadas e separadas dos outros alvos, pois nestes solos a reflectância na faixa do visível foi bastante atenuada, apresentando, tanto as áreas de solo preparado como os alvos vizinhos, tonalidades semelhantes nos canais 5 e 7 do MSS do LANDSAT, o que dificultou a delimitação. Isto pode ser explicado pelo fato de a vegetação (geralmente gramínea) apresentar-se bastante degradada devido ao intenso pastoreio de bovinos e caprinos; com isto, a reflectância do solo (reflectância de fundo) afetou bastante a resposta espectral da vegetação.

Como a reflectância no visível foi bastante atenuada, as áreas preparadas para plantio confundiram-se espectralmente com os alvos vizinhos, aparecendo com tonalidade escura e homogênea na imagem do canal 5. Esta atenuação, provavelmente, pode ter sido consequência das características do solo. Fato semelhante ocorreu quando estas áreas foram observadas nas imagens obtidas na faixa do infravermelho próximo (canal 7). Nesta situação, constataram-se manchas escuras constituídas de áreas com solo preparado e áreas úmidas. Desta forma, não foi possível delimitar os talhões de solo preparado para plantio dentro destas manchas, dada à impossibilidade de visualizar seus limites.

De um modo geral, a pastagem degradada contribuiu bastante para mascarar os resultados da interpretação visual das áreas de solo preparado para plantio, utilizando dados do MSS do LANDSAT. Nos locais de solos com textura média e coloração acinzentada, as áreas com pastagem degradada foram delimitadas como áreas de solo preparado para plantio, dada à semelhança de resposta espectral destas áreas com o tema solo preparado. Isto também pode ser explicado pela contribuição da reflectância do solo (reflectância de fundo) que influenciou a resposta espectral da vegetação.

Além dos problemas citados, outro aspecto que afetou a identificação das áreas preparadas para plantio, como o que aconteceu no município de Dom Pedrito, foi a ocorrência de fortes chuvas no pe-

riodo próximo à aquisição dos dados do MSS do LANDSAT. Neste município, as áreas preparadas para plantio e as áreas vizinhas apresentaram-se com alto teor de umidade ou completamente inundadas, o que impossibilitou a separação espectral entre esses dois alvos, principalmente corpos d'água e áreas em pousio, pois todos eles apresentaram tonalidades semelhantes nas imagens dos canais 5 e 7. Poucas áreas preparadas para plantio puderam ser delimitadas através das imagens do MSS do LANDSAT e, mesmo assim, não foi possível fazer uma identificação precisa destas áreas sem uma verificação de campo.

Para os municípios de Itaqui e Cachoeira do Sul, a verificação de campo mostrou que os dados do MSS do LANDSAT obtidos em 09 de outubro de 1982 e 12 de novembro de 1982, respectivamente, não forneceram todas as áreas de solo preparado. Isto ocorreu porque, devido à falta de chuvas na região, o preparo do solo para o plantio do arroz sofreu um atraso. Então, tornou-se necessária a aquisição de dados do MSS do LANDSAT em outras datas para complementar a informação. Esta complementação foi feita com as imagens de 28 de dezembro de 1982 e 30 de dezembro de 1982 para Itaqui e Cachoeira do Sul, respectivamente.

Todos os problemas acima citados só puderam ser contornados através das verificações no campo e da utilização do critério temporal na análise dos dados da cultura do arroz.

De um modo geral, a tonalidade apresentada pela cultura do arroz no estágio mais avançado do ciclo vegetativo, ou no de maturação, na imagem do canal 7 foi: a) cinza claro mosquedo com tons escuros para o ciclo vegetativo e b) cinza médio para o estágio de maturação. No canal 5, nas duas fases, as áreas apresentaram-se num tom de cinza escuro. As Figuras 3.3 e 3.4 mostram as áreas orizícolas do município de Santa Vitória do Palmar, obtidas através do MSS do LANDSAT durante a fase de maturação da cultura do arroz.

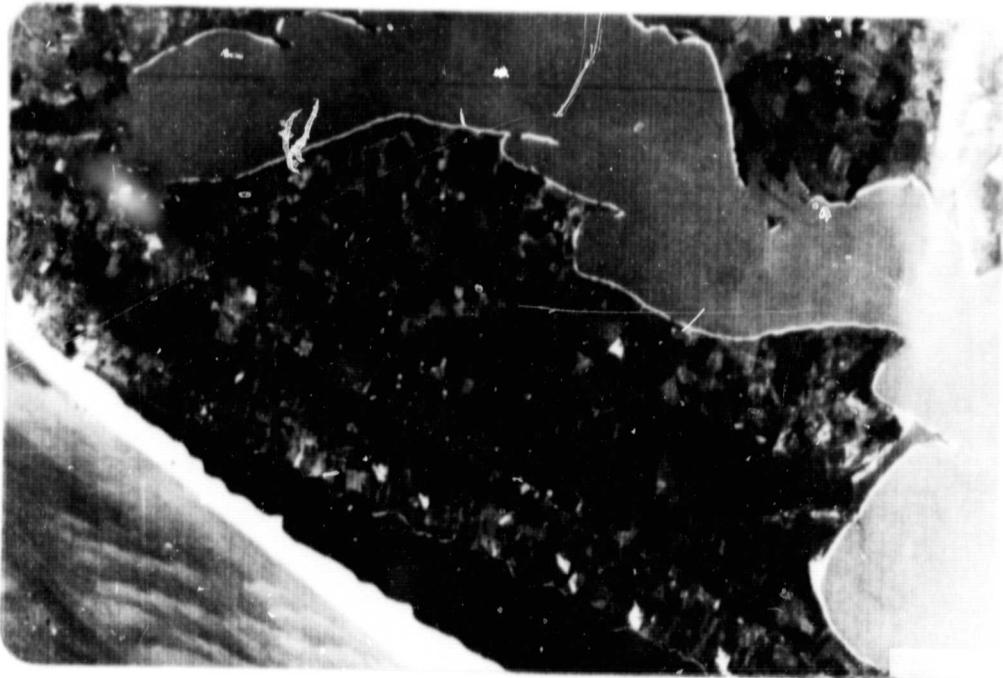


Fig. 3.3 - Áreas orizícolas (cinza escuro) do município de Santa Vitória do Palmar, obtidas no canal 5 do MSS do LANDSAT durante o período de maturação da cultura do arroz.

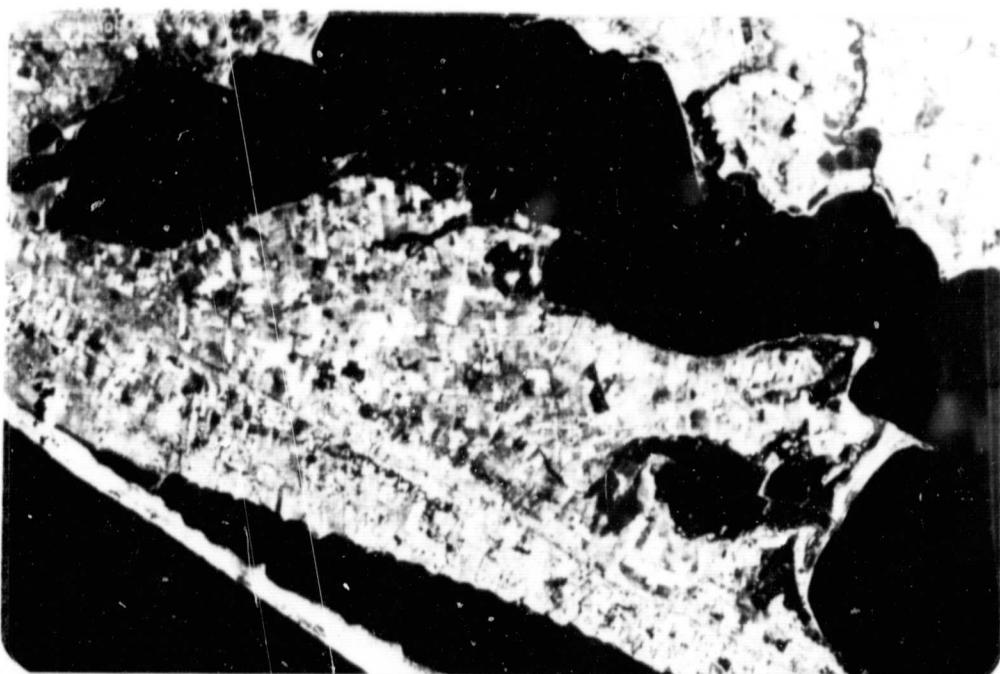


Fig. 3.4 - Áreas orizícolas (cinza claro) do município de Santa Vitória do Palmar, obtidas no canal 7 do MSS do LANDSAT durante o período de maturação da cultura do arroz.

Devido principalmente à característica espectral apresentada pela cultura do arroz no canal 7, foi possível diferenciá-la da cultura da soja, que apresentou uma tonalidade cinza bastante clara e homogênea neste canal.

Com relação a outras culturas como milho e soja, consideradas culturas de subsistência, foram constatadas pequenas áreas nestes municípios e todas apresentaram tons claros de cinza no canal 5 e cinza mais escuro no canal 7, sem haver confusão, portanto, com a cultura do arroz.

No município de Itaqui, em decorrência da aquisição de dados do MSS do LANDSAT na época em que a maioria das áreas de arroz estava em fase de pós-emergência, essas áreas foram confundidas especialmente com as áreas preparadas para as outras culturas. O trabalho de campo foi mais intensivo que no caso de Dom Pedrito, onde foram utilizados dados do satélite obtidos em data de maior expressividade de cobertura vegetal da cultura do arroz do que a de Itaqui.

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSÕES

Com a utilização das técnicas de interpretação visual de dados do MSS do LANDSAT no levantamento de áreas ocupadas com a cultura do arroz irrigado, pôde-se concluir que:

- 1) As imagens MSS do LANDSAT possuem atributos que possibilitam a identificação da cultura do arroz irrigado de acordo com as condições do Estado do Rio Grande do Sul.
- 2) A maior deficiência de um sistema de identificação de uma cultura baseado em imagens MSS reside na alta frequência de cobertura de nuvens destas imagens. Tal fato impossibilitou um acompanhamento espectral da cultura do arroz e uma verificação das melhores datas de aquisição dos dados do LANDSAT para o levantamento da área orizícola.
- 3) Para identificação visual da cultura do arroz, através de imagens do LANDSAT, é recomendável que seja associada à análise espectral da cultura a sua variação temporal, o que acarreta uma melhor identificação da cultura nos dados do satélite e, consequentemente, reduz a verificação de campo.
- 4) Conforme ficou constatado nos municípios de Cachoeira do Sul e Santa Vitória do Palmar, a utilização de dados do LANDSAT na época de maturação do arroz é essencial para separar áreas orizícolas daquelas com outras culturas.
- 5) Um fator que se deve considerar durante o levantamento de áreas plantadas com a cultura do arroz irrigado é a presença de açudes, pois as áreas orizícolas geralmente localizam-se a jusante ou nas proximidades deles.

6) Do ponto de vista de resposta espectral:

- a) a pastagem degradada foi o alvo, na região de estudo, que mais prejudicou a identificação das áreas de solo preparado;
- b) a cultura do arroz quando em fase de maturação pode ser se parada da cultura da soja e de outras existentes na região, neste ano agrícola;
- c) nos locais de solos escuros e com alto teor de umidade, as áreas de arroz só puderam ser identificadas quando a cultura apresentou alta percentagem de cobertura do solo;
- d) nas regiões de solos escuros, as áreas recentemente preparadas para plantio, ou úmidas, confundiram-se espectralmente com açudes ou áreas alagadas.

7) A utilização de composições infravermelhas coloridas foi muito valiosa, pois, com a introdução do aspecto fotointerpretativo (cor), houve maior contraste entre os talhões de arroz e os alvos vizinhos.

8) Dos quatro municípios estudados, Santa Vitória do Palmar mostrou maior tendência à prática de monocultura do arroz, com talhões representativos e forma geométrica bem definida.

9) A utilização das técnicas de sensoriamento remoto, para inventário de áreas orizícolas, mostrou-se promissora, porém é necessário em futuros estudos comprovar quantitativamente os resultados obtidos através desta técnica com os dados de verdade terrestre, para quantificar o desempenho da metodologia. A análise qualitativa destes resultados com dados de anos anteriores não foi suficiente para medir o desempenho do método, embora tenha mostrado uma coerência com os resultados obtidos.

## REFERÉNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERG, A.; AGAZZI, A.; BALDI, G.; CAVELIER, M.; MALAGONI, R.; MALET, Ph.; MARACCI, G-C.; RUSSO, S. Spectral features of rice cultures at the various phenological stages and the establishment of relationships for yield prediction purposes. EUROPEAN COMMUNITIES, *Agrreste Project - (Agricultural resources investigations in Northern Italy and Southern France)*. Varese, ISPRA, June 1978, 172 p. (NASA LANDSAT investigations Nr. 28790).

BRANDÃO, S.S. *Cultura do arroz*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p. 194, 1977.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim técnico da Divisão de Pesquisas Pedológicas*. (30) 1973, 431p.

CAMPANELLI, P.; POCCI, V.; ROMANO, V.; SALVEMINI, M. Agricultural coverages monitored by LANDSAT MSS data and aerial photography in Northern Italy. Three sample areas in the Lombardy region. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR OBSERVATION AND INVENTORY OF EARTH RESOURCES AND THE ENDANGERED ENVIRONMENT, ISP+ IUFRO; Freiburg, Federal Republic of Germany, 1978. *Proceedings*, Freiburg, Federal Republic of Germany, G. Hildebrandt and H.J. Boehnel, 1978, v. 3, sec. 10.2, p. 1671-1687.

DEJACE, J.; MÉGIER, J.; MEHL, W. Computer-aided classification for remote sensing in agriculture and forestry in Northern Italy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 11. Ann Arbor, MI, ERIM, 1977. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1977, v. 2, sec. F, p. 1483-1496.

DEMOGRAFIA. *Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul*, 3:p. 11-40, 1970.

EUROPEAN COMMUNITIES. *Agrreste Project-(Agricultural resources investigations in Southern France and Northern Italy)*. In: SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 9, Ann Arbor, MI, ERIM, 1974. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1974, v. 2, sec. 9, p. 1127-1159.

HELLER, R.C.; JOHNSON, K.A. Estimating irrigated land acreage from LANDSAT imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45(10):1379-1386, Oct. 1979.

LE TOAN, T.; CASSIRAME, P.; QUACH, J.; MARIE, R. Inventory of ricefield in France using LANDSAT and aircraft data. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 11., Ann Arbor, MI, ERIM, 1977. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1977, v. 2, sec. F, p. 1483-1496.

MALINGREAU, J.P. Remote sensing inputs into a wetland rice regional production model (JAVA). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 12., Ann Arbor, MI, ERIM, 1978. *Proceedings*. Ann Arbor, ERIM, 1978, v. 3, sec. D, p. 1617-1634.

MISRA, P.N.; WHEELER, S.G. Crop classification with LANDSAT multispectral scanner data. In: PATTERN RECOGNITION. Great Britian, Pergamon, 1978. Cap. 10, p. 1-13.

PEDROSO, B.A. Arroz irrigado, Porto Alegre, 1<sup>a</sup> ed., Sagra, 1982.